



Untersuchung der Grobreinigung von Kohlenmonoxid mit einem Wassergas-Shift-Reaktor im Reformatgas eines mit Biodiesel betriebenen Dampfreformers

Masterarbeit

von

Tino S c h e u e r e c k e r

Fakultät Maschinenbau / Umwelttechnik

Studiengang Umwelttechnologie

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.

Institut für Technische Thermodynamik

Betreuer: Dipl.-Geoökol. Dipl.-Ing. Stefan Martin

Bearbeitungszeitraum: 01.12.2012 – 31.05.2013

1. Prüfer: Prof. Dr. Peter Kurzweil

2. Prüfer: Prof. Dr. Matthias Mändl

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Motivation / Aufgabenstellung	5
3	Theoretische Grundlagen	6
3.1	Dampf-Reformierung	6
3.2	Wassergas-Shift-Reaktion	6
3.2.1	Thermodynamik	6
3.2.2	Reaktionskinetik	10
3.2.3	Reaktionsführung	12
3.3	CO-Konversion in der industriellen Praxis	14
3.3.1	Hochtemperatur-Shift	14
3.3.2	Niedertemperatur-Shift	15
3.3.3	CO-Feinreinigung	16
4	Experimentelle Methodik	17
4.1	Laborteststand	17
4.2	Berechnungsgrundlagen und Definitionen	20
4.3	Voruntersuchungen	21
4.4	Versuchsübersicht	22
4.5	Versuchsdurchführung	23
5	Auswertung und Ergebnisse	26
5.1	Exemplarische Versuchsauswertung	26
5.1.1	Verlauf der Produktgas-Konzentrationen	26
5.1.2	CO-Konzentrationen / -Umsätze bei verschiedenen WGS-Temperaturen	27

5.1.3 Axialer Temperaturverlauf im WGS-Katalysator	29
5.1.4 Axialer Temperaturverlauf im Reformers-Katalysator	30
5.1.5 Wasserstoffeffizienz, Volumenstrom, radiale Temperaturdifferenz im Reformer	32
5.1.6 Massenbilanz und Umsatzbestimmung	33
5.2 Einfluss des Drucks auf die CO-Konversion	34
5.2.1 Druckabhängigkeit bei den Versuchen mit kurzem Reformers- Katalysator	35
5.2.2 Druckabhängigkeit bei den Versuchen mit langem Reformers- Katalysator	36
5.3 Einfluss der Raumgeschwindigkeit auf die CO-Konversion	39
5.3.1 Variation der WGS-Katalysatorlänge bei einem Biodiesels- Massenstrom von 5 g/h	39
5.3.2 Variation der WGS-Katalysatorlänge bei einem Biodiesels- Massenstrom von 10 g/h	41
5.3.3 Versuche mit konstanter Raumgeschwindigkeit	42
5.4 Langzeitversuch	43
5.5 Verkokung der Katalysatoren	47
5.6 Massenbilanz und Biodiesels-Umsatz	48
5.7 Fehlerdiskussion	50
6 Zusammenfassung und Diskussion	51
7 Ausblick	53
A Graphen zu den einzelnen Versuchen	54
B Verwendete Komponenten	84
C Berechnung der Wasser-Massenströme	90
Literaturverzeichnis	91